



TITLE:

Excitation of Spin-Flip States of Light Nuclei
in Inelastic Scattering of Alpha Particles(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Nakamura, Hitoshi

CITATION:

Nakamura, Hitoshi. Excitation of Spin-Flip States of Light Nuclei in Inelastic Scattering of Alpha Particles. 京都大学, 1967, 理学博士

ISSUE DATE:

1967-05-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/212258>

RIGHT:

【 19 】

氏 名	中 村 轟 なか むら ひとし
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 121 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Excitation of Spin-Flip States of Light Nuclei in Inelastic Scattering of Alpha Particles (アルファ粒子の非弾性散乱による軽い核のスピンフリップ状態の励起) (主 査)
論文調査委員	教 授 柳 父 琢 治 教 授 小 林 稔 教 授 武 藤 二 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、 B^{11} 、 C^{12} 、 Mg^{24} および Si^{28} の 4 種の原子核の励起状態を、京都大学サイクロトロンで得られるエネルギー 28.5MeV のアルファ粒子の非弾性散乱の方法を用いて研究し、特にスピンフリップ状態と称せられる励起状態に着目して、その発現機構その他に考察を加えた結果を記載したものである。

スピンフリップ状態というのは、原子核中の 1 個の核子がスピンを反転したことによって生じたと考えられる励起状態を言う。一般には、スピンの反転すると共に、軌道角運動量も変化するので純粋なスピン反転を観測するのは困難であるが、申請者は他種の実験より確定されている、 C^{12} 核のスピンフリップ状態を基準にとり、他の三種の原子核について、軌道角運動量が変化せず核子のスピンのみが反転したと見られる励起状態を探索している。

本研究を行なうに当たって、特に実験上留意した点は、適切な原子核を選択することの他に、前方 5° までの小角度での非弾性散乱を検出すること、エネルギー分解能を向上せしめて、高い励起状態まで分離測定することの 3 点であったが、従来は成功例に乏しく、今回の研究はすぐれた実験技術を示している。

実験結果の第 1 は、 C^{12} 原子核に関して約 7 種の励起状態を観測し、このうちスピンフリップ状態であることが確認されている、励起エネルギー 12.8MeV の状態に対応する非弾性散乱アルファ粒子は、重心系で約 25° の所にピークを有し、後方には何等ピークが現われない極めてユニークな角度依存性を示すことが判明したことである。申請者はこの特異な角度依存性がスピンフリップ状態の励起と本質的な関連があるとの推量のもとに実験を行ない、 B^{11} の 8.6MeV 励起状態、 Mg^{24} の 10.4MeV 励起状態、 Si^{28} の 8.9MeV 励起状態のおののに対応する散乱アルファ粒子が、全く同様の特異な角度依存性を有することを見出した。これは従来得られていない新しい知識である。次に申請者は、アルファ粒子の角度依存性、断面積の絶対値、イソスピン保存則、励起エネルギーの大きさ、等を考慮して、これらの励起状態のスピンパリティがスピンフリップ状態の持つ量子数で与えられることを示した後、この状態が励起される機構に関して次の考察を行なっている。即ち、スピンフリップ状態は、アンナチュラルパリティ状態（異常偶奇性状

態)の中の一つであるから、その機構は、少なくとも異常偶奇性を説明し得るものでなくてはならない。従って考え得る機構は、複合核過程を経由するか、2段階フォノン励起か、電磁気相互作用による励起か、核内核子のスピン反転によるかである。更にスピントリップ状態の励起を説明し得る機構は、このうちのいずれかに制限される。まず角度依存性より、複合核過程ではあり得ない。又2段階フォノン励起であれば、実験結果よりもゆるやかな角度依存性を示す筈である。更に、10MeV程度の高い励起状態は、基底状態と結合の少ない、単一核子励起状態であるのが通例で、フォノン励起は生じ難い。更に、断面積の絶対値は、電磁気相互作用で予想されるよりはるかに大きい等の理由によって、前3者の機構は排除される。従って、スピン反転による励起が唯一の機構である。この場合、アルファ粒子はスピンを有しないので、スピンを反転させる作用は、入射アルファ粒子と、核子との間のスピン軌道相互作用が核子スピンを反転させるものと考えられる。申請者は、この推定を確認するため、核子の波動関数を選定した上で、スピン軌道相互作用を取り入れた、散乱断面積を、平面波インパルス近似によって計算し、実験結果によく適合する結果を得ている。

参考論文その1は、アルファ粒子の非弾性散乱の方法を用いた、 O^{16} , Ne^{20} , Mg^{24} および Si^{28} の異常偶奇性の励起状態に関する研究であり、主論文に報告された研究を計画するに到る道程を示している。その2よりその5までは、いずれもアルファ粒子の非弾性散乱による軽い原子核の励起状態の研究であり、複合核過程、直接過程による原子核の励起が詳細に研究されている。参考論文その6は、重陽子中の陽子、中性子のおおのど、アルファ粒子との相互作用を研究したもので、主論文の内容をさらに基礎づけたものである。

論文審査の結果の要旨

アルファ粒子の原子核による非弾性散乱現象は、1959年頃より原子核の励起状態の研究に有用であることが認められて来たが、その理由は、アルファ粒子が原子核表面で吸収され易いために、原子核表面の状態、即ち表面振動の様子を忠実に反映すると考えられた点にあった。申請者は、約5年前より、一貫して京都大学サイクロトロンより得られる、エネルギー約28MeVのアルファ粒子の非弾性散乱の実験研究を続け、特に軽い核に集中してその励起状態の研究を行なって来た。主論文以前の研究は、参考論文その1乃至5に報告されている如く、質量数が奇数の原子核、 B^{11} , C^{13} , Al^{27} および P^{31} について、又偶一偶核である C^{12} , O^{16} , Ne^{20} , Mg^{24} および Si^{28} について、アルファ粒子の非弾性散乱現象を系統的に調べたものである。この時に問題としたのは、従来中重核以上の重い核について認められた法則性、即ち、アルファ粒子の非弾性散乱においては、基底状態との結合の強い集団運動の励起状態が生じ易いとされている法則性が、軽い核においても成立するかどうかという点であった。研究の結果は、この法則性は成立する場合が多いが、軽い核に特有の例外的な場合も見受けられるということである。その1は、奇数核におけるコア励起現象の存在であり、その2は、偶一偶核における、アンナチュラルパリティ状態(異常偶奇性状態)の励起される現象であった。この例外的励起現象は、アルファ粒子が原子核表面で吸収され易いという従来の常識からは、解釈に困難を来たすものであった。即ち、従来の常識よりすれば、アルファ粒子が原子核に、一回の衝突でエネルギーを与える限り、フォノン励起が圧倒的に生ずる筈であるからである。申請者はこの2種の例外的な現象は、アルファ粒子が、核内核子と直接に作用するためであろうと推

定し、その推定を確かめる研究を計画、実行した。その結果が主論文に報告されている事項である、スピ
ンフリップ状態の励起の研究である。申請者の考えは、第1段階として、既にスピンフリップ状態である
ことが、陽子の非弾性散乱その他の実験より確認されている、 C^{12} の12.7MeV (1^+) 状態が、 α 粒子によ
っても同様に励起されるかどうかを確かめ、その結果を未知の原子核に及ぼすことであった。結果は、3種
の内容を含んでいるが、第1に、 C^{12} の12.7MeV (1^+) 状態は、アルファ粒子によっても励起可能であり、
非弾性散乱を受けたアルファ粒子は、普通の集団運動を励起した場合に見られる如き、廻折現象を示さ
ず、特殊の角度依存性を示すこと、第2に、奇数核である B^{11} についても、全く同様の角度依存性を示す
励起状態があり、このレベルがスピンフリップ状態の可能性があるとされている事実と矛盾しないこと、
第3に、偶-偶核 Mg^{24} および Si^{28} に、従来知られていないスピンフリップ状態が存在することの3点であ
る。この結果より、 B^{11} の8.92MeVレベルのパリティは奇、 Mg^{24} の10.4MeV レベルのスピンパリティは
 1^+ 、 Si^{28} の8.9MeVレベルのスピンパリティも同様に 1^+ と評定された。この成果は、それ自体で価値を有
するが、一面、如何なる機構を以て、スピンフリップ状態が励起されるかについて問題を提示する。ス
ピンフリップ状態とは、基底状態とスピ量子数1の差を有し、パリティを等しくする状態であるから、
その励起は、2フォノン励起によるか、複合核過程を経るか、電磁気的な相互作用によるか、核内の核子
1個のスピが反転するによるかのいずれかである。申請者はこの4種の励起機構を検討して、前3者は
実験結果を説明するには不十分であり、原子核内の核子のスピ反転によるものであることを示した上
で、核子のスピ反転を生ずるのは、アルファ粒子と核子との間のスピ-軌道相互作用によるものと考え
え、平面波インパルス近似のもとに理論的解析を行ない、実験結果をほぼ説明し得ることを示した。

以上の成果は、従来の常識を破る新鮮味を有し、アルファ粒子と原子核との間の相互作用に新しい見解
をもたらした点で原子核物理学上の進歩に寄与するところ少なからざるものがある。参考論文の内容を併
せ考えると、申請者の研究は、一步一步着実に積みあげられたものと言うべきであり、本論文はさらに将
来の発展を期待させる内容を有している。

よって本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。